

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-204022  
(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl. H01J 1/30  
H01J 9/02

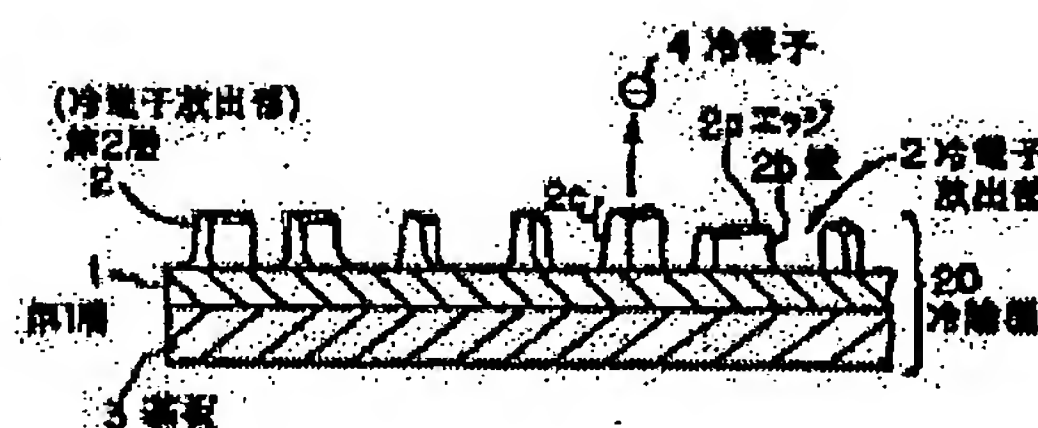
(21)Application number : 10-001680 (71)Applicant : KOMATSU LTD  
(22)Date of filing : 07.01.1998 (72)Inventor : YAMAMOTO HIROSHI

## (54) COLD CATHODE AND ELEMENT USING SAME

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allow an application to a display or the like by forming a cold electron emission part without using a micro machining technology for reducing the production cost, sufficiently increasing the density and homogeneity of a cold electron emission point for improving quality, preventing deterioration due to impurities, eliminating tip evaporation of a material and increasing a heat releasing function for improving durability, and lowering operating voltage and power consumption.

SOLUTION: A film (first layer 1 and second layer 2) made of carbon material such as carbon, graphite, amorphous carbon, DLC(diamond-like carbon) or diamond is formed on a substrate 3, thereby forming a projected cold electron emission part 2. In this case, cold electrons 4 are emitted from the tip 2c of the projected cold electron emission part 2.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-204022

(43) 公開日 平成11年(1999) 7 月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 J 1/30

H 0 1 J 1/30

A

9/02

9/02

F

B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-1680

(22) 出願日 平成10年(1998) 1 月 7 日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号

(72) 発明者 山本 浩

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製

作所研究所内

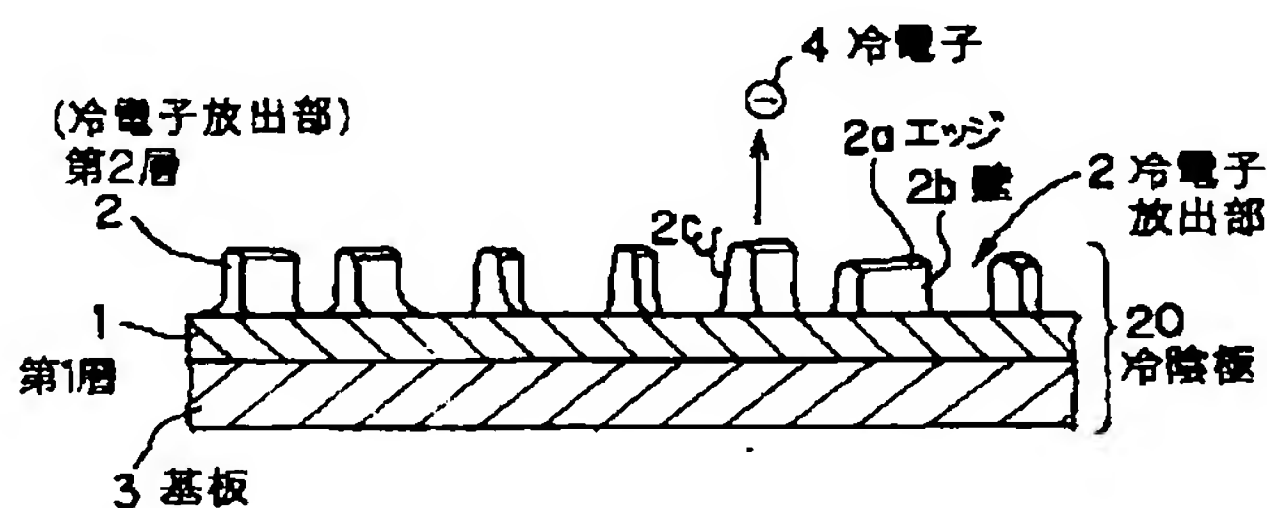
(74) 代理人 弁理士 木村 高久 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 冷陰極およびこの冷陰極を用いた素子

(57) 【要約】

【課題】 微細加工技術を用いることなく冷電子放出部を形成できるようにして、製造コストを低減させるとともに、冷電子放出点の密度、均一度を十分に高め、品質を向上させ、さらに、不純物による劣化を防止できるようにし、さらにまた、材料の蒸発をなくし、放熱性を高めることで耐久性を向上させ、さらに動作電圧、消費電力を低くすることで、ディスプレイなどへの実用化を図る。

【解決手段】 基板 3 上に、カーボン、グラファイト、アモルファスカーボン、D L C (ダイヤモンドライクドカーボン: ダイヤモンド状カーボン)、ダイヤモンドなどの炭素系材料を成膜 (第 1 層 1、第 2 層 2) することにより、凸状の冷電子放出部 2 が形成される。そして、この凸状の冷電子放出部 2 の先端 2 c より冷電子 4 が放出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に対して凸状に冷電子放出部を形成し、この凸状の冷電子放出部より冷電子を放出するようにした冷陰極において、

基板上に、炭素系材料を成膜することにより、前記凸状の冷電子放出部を形成するようにした冷陰極。

【請求項 2】 前記凸状の冷電子放出部は、基板上面からみて、連続して形成されている請求項 1 記載の冷陰極。

【請求項 3】 前記凸状の冷電子放出部は、基板上面からみて、離散して形成されている請求項 1 記載の冷陰極。

【請求項 4】 基板に対して凸状に冷電子放出部を形成し、この凸状の冷電子放出部より冷電子を放出するようにした冷陰極において、

炭素系材料のガスプラズマを音速よりも大きい流速になるように加速させて、基板上に導き、凸状の薄膜を生成することによって、前記凸状の冷電子放出部を形成するようにした冷陰極。

【請求項 5】 請求項 1 記載の冷陰極と陽極とを備えた素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板に対して凸状に冷電子放出部を形成し、この凸状の冷電子放出部より冷電子を放出するようにした冷陰極およびこの冷陰極を用いたデバイス、センサなどの素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】陰極を加熱することで電子を放出する熱陰極に対して、加熱しないで（冷）電子を放出する冷陰極と呼ばれる陰極が存在する。

【0003】冷陰極の電子放出原理を、図 6 に示すエネルギー準位 E を用いて概略説明すると、材料中から冷電子を真空中に放出させるために、ポテンシャルの山をトンネル効果により超えることができるように、陽極、冷陰極間に電圧を加える必要がある。

【0004】冷陰極を製造する上で、重要なことは、冷電子を放出させ易くするために、冷電子の放出部が電界集中が起こりやすい形状にすることである。

【0005】そこで、従来技術にあっては、特開平 1 - 3 0 0 5 5 8 号公報にみられるように、単結晶シリコンを異方性エッチングにより微細加工することで、基板上に、先端が鋭利なコーン形状の冷電子放出部を形成するようにしている。

【0006】また、微細加工技術を用いて作成した微小穴中に、Mo、Si、Ga、As等を蒸着することで、先端が鋭利なコーン形状の冷電子放出部を形成するようにしている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従

来の技術によれば、エッチングなどの微細加工技術を用いて冷電子放出部を形成するようにしているため、冷陰極を作成するのに非常に複雑な工程を必要とし、製造コストがかかるという問題がある。

【0008】しかも、基板の単位面積当たりの冷電子放出点（冷電子放出部）の数（冷電子放出点密度）は、大きい程、電流を多く流すことができ望ましいが、この冷電子放出点密度は、微細加工技術のレベル如何によって左右されるため、一定レベル以上には、この冷電子放出点密度を上げることができなかった。

【0009】また、基板上に、冷電子放出点を均一に形成することが望ましいが、やはり現状の微細加工技術のレベルでは、必ずしも均一に冷電子放出点を形成することができなかった。

【0010】このため、冷陰極をディスプレイに使用した場合、冷電子放出点の密度、均一度が十分ではないため、画像の品質が損なわれることになっていた。

【0011】また、冷陰極（の冷電子放出部）の材料として、Si、Mo、Ga、Asなどの材料を使用しているが、これらの材料は作動環境である真空中で不純物となる H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>などによって劣化してしまうことがある。

【0012】また、これらの Si、Mo、Ga、Asなどの材料は、冷陰極の材料として使用した場合には必ずしも高融点材料とは言い難い。

【0013】すなわち、冷陰極では鋭利なコーン状の冷電子放出部の先端に電流が集中して発熱するため、たとえば融点が 1 2 0 0 ° C 程度の Si（シリコン）などでは、蒸発してしまい、冷陰極として作動しなくなることもある。また、熱伝導率が低く、放熱性が良くないため、耐久性の点でも問題があった。

【0014】また、Si、Mo、Ga、Asなどの材料では、材料中から冷電子を真空中に放出させるために、高い電界強度、高電圧を必要とする。

【0015】このため、冷陰極をディスプレイなどの素子として使用した場合に、動作電圧が高く、これに伴い消費電力が高くなるため、LCD、プラズマディスプレイ、ELなどの各種ディスプレイなどに使用する上での障害となっていた。

【0016】本発明は、こうした実状に鑑みてなされたものであり、微細加工技術を用いることなく冷電子放出部を形成できるようにして、製造コストを低減させるとともに、冷電子放出点の密度、均一度を十分に高め、品質を向上させ、さらに、不純物による劣化を防止できるようにし、さらにまた、材料の蒸発をなくし、放熱性を高めることで耐久性を向上させ、さらに動作電圧、消費電力を低くすることで、ディスプレイなどへの実用化を図ることを解決課題とするものである。

## 【0017】

【課題を解決するための手段及び作用効果】そこで、本発明の第 1 発明では、基板に対して凸状に冷電子放出部

を形成し、この凸状の冷電子放出部より冷電子を放出するようにした冷陰極において、基板上に、炭素系材料を成膜することにより、前記凸状の冷電子放出部を形成するようにしている。

【0018】第1発明によれば、図1に示すように、基板3上に、カーボン、グラファイト、アモルファスカーボン、DLC（ダイヤモンドライクドカーボン：ダイヤモンド状カーボン）、ダイヤモンドなどの炭素系材料を成膜（第1層1、第2層2）することにより、凸状の冷電子放出部2が形成される。そして、この凸状の冷電子放出部2の先端2cより冷電子4が放出される。

【0019】このように基板3上に炭素系材料を成膜させる処理を行うだけで、炭素系材料は基板に対して凸状に成長していき、凸状の冷電子放出部2が、高い密度で、均一に形成される。これは炭素系材料のもつ特異な立体微細構造によるものである。

【0020】このため、エッチングなどの微細加工技術を用いて冷電子放出部を形成する必要はないので、工程を簡易なものにすることができ、製造コストを低減させることができる。

【0021】また、微細加工技術のレベルに関係なく、冷電子放出点の密度、均一度を十分に高めることができるので、冷陰極としての品質を向上させることができる。

【0022】また、炭素系材料は、Si、Mo、Ga、Asなどの材料と比較して、作動環境である真空中で不純物となるH<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>などによって劣化されてしまう度合いは極端に小さい。このため不純物による劣化に対する耐久性を飛躍的に高めることができる。

【0023】また、炭素系材料は、従来のSi、Mo、Ga、Asなどの材料に比較して、融点が高い。たとえば、Si（シリコン）の1200°Cの融点に対して、炭素系材料では3000°C～4000°C程度の融点となる（特にダイヤモンドは高融点である）。

【0024】このため、冷電子放出部2の先端2cに電流が集中して発熱したとしても、融点が3000°C～4000°C程度と高いので、蒸発するようなことはなく、冷陰極として作動しなくなるという事態を防止することができる。また、熱伝導率が高く、放熱性が良いので、熱に対する耐久性を高めることができ、上記不純物による劣化に対する耐久性とあいまって、総合的な耐久性を飛躍的に高めることができる。

【0025】また、Si、Mo、Ga、Asなどの材料と比較して、炭素系材料では、材料中から冷電子を真空中に放出させるために、それ程高い電界強度、電圧を必要としない。

【0026】このため、冷陰極をディスプレイなどの素子として使用した場合に、動作電圧を低くでき、これに伴い消費電力を低くすることができる。このため、LCD、プラズマディスプレイ、ELなどの各種ディスプレ

イなどの実用化を図ることができる。

【0027】また、第2発明では、第1発明において、凸状の冷電子放出部2aを、基板3の上面からみて、連続して形成するようにしている。

【0028】第2発明によれば、連続して冷電子放出部2aを形成することで、冷電子の放出点の密度をさらに高めることができ、さらに電流を多く流すことができる。

【0029】また、第3発明では、第1発明において、凸状の冷電子放出部2aは、基板3の上面からみて、離散して形成するようにしている。

【0030】第3発明によれば、離散して冷電子放出部2aを形成することで、冷電子の放出部2aに電界をさらに集中させ易くなる。このため、作動電圧をさらに低くでき、これに伴い消費電力をさらに低くすることができる。

【0031】第4発明では、図7に示すように、たとえば、超音速ノズル7を用いて、炭素系材料のガスプラズマ（CH<sub>4</sub>）を音速よりも大きい流速になるように加速させて、基板3上に導き、凸状の薄膜を生成することによって、凸状の冷電子放出部2が形成される。

【0032】また、第5発明では、図8に示すように、第1発明の冷陰極20が、陽極21を備えた素子に用いられる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0034】本実施形態では、基板3上に形成される薄膜として、グラファイトの薄膜を想定している。

【0035】図7は、冷陰極20を製造する実施形態の製造装置の構成を示している。

【0036】同図7に示すように、本実施形態装置は、大きくは、基板3が配設されているチャンバ8と、グラファイトを構成する元素である炭素が含まれた化合物ガス（メタンガスC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>）と、これに水素ガス（H<sub>2</sub>）を加えたものをプラズマ状態にして、これを基板3の表面3aに向けて供給するラバルノズル（超音速ノズル）7とから成っている。基板3は、グラファイト（C）とは異なる材料、たとえばn型のシリコン単結晶（Si）から構成されている。

【0037】さらに詳しく説明すれば、反応室であるチャンバ8内には、基板3が載置される台15と、台15上に載置された基板3の温度を高めるべく台15に内蔵されたヒータ9とが配設されている。

【0038】真空ポンプ10は、チャンバ3内を、低圧（たとえば0.1 torr）まで真空引きするものである。

【0039】基板3は、膜の成長率を高めるべく、ヒータ9により、例えば800°C一定に保持されるように制御される。

【0040】すなわち、熱電対などの温度センサ14に



よって、基板 3 の温度が検出され、これがフィードバック信号として温度制御部 1 3 に入力される。

【0041】温度制御部 1 3 では、フィードバックされた現在の温度と目標温度（800° C）との偏差が零になるように、電力調整部 1 2 に対して電力調整信号を出力する。電力調整部 1 2 では直流電源 1 1 を介してヒータ 9 に流れる電流を、可変抵抗値を変化させることで調整し、基板 3 の温度を目標温度（800° C）に保持する。

【0042】ノズル 7 には、たとえば流量 500（s c c / m i n）の水素ガスが供給されるとともに、たとえば流量 50（s c c / m i n）のメタンガスが供給される。

【0043】ここで、グラファイト膜を生成すべくメタンガスを使用しているが、炭素 C を含む化合物であれば他の化合物ガスを使用してもよい。また、アルコールなどの炭素を含む液体を使用してもよい。

【0044】なぞ、水素ガス（H<sub>2</sub>）を同時に供給しているのは、反応に伴い発生する「すす」を取り除くためである。

【0045】また、プラズマ化を容易に行うために Ar ガスなどの希ガスを、同時に供給してもよい。

【0046】チャンバ 8 内の基板 3 に供給されるこれらのガスは、誘導加熱によりプラズマ化される。

【0047】すなわち、たとえば 13.56 MHz の高周波（R F）電源 6 によって、ラバルノズル 7 のスロート部に巻かれた高周波コイル 5 に高周波の電流が流され、チャンバ 8 内の基板 3 に供給されるメタンガス等が加熱され、プラズマ状態にされる。この場合、投入される高周波電力は、たとえば 1 kW である。

【0048】こうしてラバルノズル 7 を介して、プラズマ化されたメタンガス等がチャンバ 8 内の基板 3 の表面 3 a に供給され、基板 3 上にグラファイト構造の膜が形成されることになる。成膜は、たとえば 1 時間だけ行われる。

【0049】なお、プラズマ化が可能であれば、ノズル 7 としてラバルノズル以外のノズルを使用してもよい。

【0050】図 1 は、図 7 の製造装置を用いて、製造される冷陰極 20 の構造を概念的に示すものである。

【0051】すなわち、同図 1 に示すように、基板 3 上には、まずグラファイト構造の緻密な連続膜である第 1 層 1 が成膜される。さらに、この第 1 層 1 の面に対して略垂直に起立するように、側壁 2 b と頭頂部であるエッジ 2 a を備えた凸状の（薄片状の）冷電子放出部 2 が形成されることで、グラファイト構造の第 2 層 2 が形成される。なお、第 1 層 1 の高さは、0.3～0.4 μm 程度であり、第 2 層 2 の高さは、0.3 μm 程度である。

【0052】こうして基板 3 と第 1 層 1 と第 2 層 2 とからなる冷陰極 20 が形成される。そして、この冷陰極 20 に所要の電圧を印加すれば、冷電子放出部 2 の先端 2

c で電界集中が起こり、冷電子放出部 2 の先端 2 c から冷電子 4 が放出されることになる。

【0053】このように、超音速ノズル 7 を用いて炭素系材料のガスプラズマ（C H<sub>4</sub>）が音速よりも大きい流速になるように加速されて、基板 3 上に導きかれることで、凸状の薄膜が生成され、凸状の冷電子放出部 2 が形成される。

【0054】なお、第 1 層 1、第 2 層 2 をグラファイト構造としているが、必ずしもグラファイト構造でなくてもよい。

【0055】本実施形態では、グラファイト膜を想定しているが、これ以外にも、カーボン、ダイヤモンド、アモルファスカーボン、D L C（ダイヤモンドライクドカーボン：ダイヤモンド状カーボン）などの炭素系材料を成膜することで、凸状の第 2 層 2 を形成させることができる。

【0056】なお、炭素系材料中に、B、P 等をドーピングすることによって、電気伝導度を高めるようにしてもよい。

【0057】このように、本実施形態の製造装置を用いて、基板 3 上に炭素系材料を成膜させる処理を行うと、炭素系材料は基板 3 に対して凸状に成長していき、凸状の冷電子放出部 2 が、緻密に形成される。これは炭素系材料のもつ特異な立体微細構造によるものである。凸状の冷電子放出部 2、つまり冷電子の放出点は、高い密度で、しかも均一に形成されることになる。

【0058】このため、従来技術のように、エッチングなどの微細加工技術を用いて冷電子放出部を形成する必要はないので、工程を簡易なものにすることができ、製造コストを低減させることができる。

【0059】また、微細加工技術のレベルに関係なく、冷電子放出点の密度、均一度を十分に高めることができるので、冷陰極としての品質を向上させることができる。

【0060】本実施形態の場合には、冷電子の放出点（電子発生源）の密度は、 $2.0 \times 10^9$ （個/cm<sup>2</sup>）であると計測された。これに対して、シリコンの凸部をエッチングにより形成する従来技術の場合には、 $1.3 \times 10^7$  個/cm<sup>2</sup>程度にしか密度を高めることができない。

【0061】このように本実施形態によれば、電子源密度が飛躍的に高くなり、電流を飛躍的に多く流すことができるのがわかる。

【0062】また、炭素系材料は、Si、Mo、Ga、As などの材料と比較して、作動環境である真空中で不純物となる H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> などによって劣化されてしまう度合いは極端に小さい。このため不純物による劣化に対する耐久性を飛躍的に高めることができる。

【0063】また、炭素系材料は、従来の Si、Mo、Ga、As などの材料と比較して、融点が高い。たとえば、

Si (シリコン) の  $1200^{\circ}\text{C}$  の融点に対して、炭素系材料では  $3000^{\circ}\text{C} \sim 4000^{\circ}\text{C}$  程度の融点となる。

【0064】このため、冷電子放出部2の先端2cに電流が集中して発熱したとしても、融点が  $3000^{\circ}\text{C} \sim 4000^{\circ}\text{C}$  程度と高いので、蒸発してしまうようなことはなく、冷陰極として作動しなくなるという事態を防止することができる。また、熱伝導率が高く、放熱性が良いので、熱に対する耐久性を高めることができ、上記不純物による劣化に対する耐久性とあいまって、総合的な耐久性を飛躍的に高めることができる。

【0065】また、Si、Mo、Ga、Asなどの材料と比較して、炭素系材料では、材料中から冷電子を真空中に放出させるために、それ程高い電界強度、電圧を必要としない。

【0066】とりわけ、ダイヤモンドは、図6の破線に示すように、材料中のエネルギー準位は、真空中のエネルギー準位よりも高い場合もあり、電界が相当低くても冷電子4が放出される。

【0067】このため、冷陰極をディスプレイなどの素子として使用した場合に、動作電圧を低くでき、これに伴い消費電力を低くすることができる。このため、LCD、プラズマディスプレイ、ELなどの従来の各種平面ディスプレイに置き換わるフラットパネルディスプレイの実用化を図ることができる。

【0068】ところで、図4は、

- ・基板：n型シリコン単結晶
- ・H<sub>2</sub>流量：500 (scc/min)
- ・CH<sub>4</sub>流量：50 (scc/min)
- ・投入高周波電力：1 kW
- ・基板温度：800 $^{\circ}\text{C}$
- ・成膜時間：1時間

という上述した成膜条件で、成膜を行ったときの成膜表面の様子を示している。図4(a)は、電子顕微鏡を $\times 10\text{k}$ の倍率にして観察したときの成膜表面を示し、図4(b)は、電子顕微鏡を $\times 30\text{k}$ の倍率にして観察したときの成膜表面を示している。

【0069】この図4の成膜表面の様子を、概念的に図2に示す。

【0070】これら図2、図4からわかるように、凸状の冷電子放出部2、つまりエッジ2aは、基板3の上面からみて、連続するように網目状に形成されている。

【0071】このように連続した網目状に冷電子放出部2 (エッジ2a) が形成されているので、冷電子4の放出点の密度が高められているのがわかる。

【0072】つまり、連続した網目状に冷電子放出部2 (エッジ2a) を形成させることができれば、電流を多く流すことができる。

【0073】一方、図5は、

- ・基板：n型シリコン単結晶

- ・H<sub>2</sub>流量：500 (scc/min)
- ・CH<sub>4</sub>流量：25 (scc/min)
- ・投入高周波電力：1 kW
- ・基板温度：800 $^{\circ}\text{C}$
- ・成膜時間：1時間

という成膜条件で、成膜を行ったときの成膜表面の様子を示している。図5(a)は、電子顕微鏡を $\times 10\text{k}$ の倍率にして観察したときの成膜表面を示し、図5(b)は、電子顕微鏡を $\times 30\text{k}$ の倍率にして観察したときの成膜表面を示している。

【0074】この図5の成膜表面の様子を、概念的に図3に示す。

【0075】これら図3、図5からわかるように、凸状の冷電子放出部2、つまりエッジ2aは、基板3の上面からみて、離散するように形成されている。

【0076】このように、離散して冷電子放出部2 (エッジ2a) が形成されているので、冷電子4の放出点2aに電界を集中させ易くなっているのがわかる。

【0077】つまり、離散するように冷電子放出部2 (エッジ2a) を形成させることができれば、作動電圧を低くでき、これに伴い消費電力を低くすることができる。

【0078】本実施形態の冷陰極20は、陽極を備えた任意の素子に用いることができる。

【0079】つまり、各種デバイス、センサなどに使用することができる。

【0080】図8は、LCD用バックライトの陰極に、冷陰極20を用いた場合を例示している。陽極は21で示される。

【0081】図9は、単純マトリックス駆動型の平面型ディスプレイに、冷陰極20を用いた場合を例示している。

【0082】すなわち、カソード電極としての冷陰極20からアノード電極側の蛍光体21に向けて電子4が放出される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係る冷陰極の構造を概念的に示す構造図である。

【図2】図2は基板を上面からみたときの冷電子放出部の形状を概念的に示す図である。

【図3】図3は成膜条件を変えたときの図2に対応する図である。

【図4】図4(a)、(b)は電子顕微鏡による成膜表面の観察結果を示す図(写真)であり、図2に対応する図(写真)である。

【図5】図5(a)、(b)は電子顕微鏡による成膜表面の観察結果を示す図(写真)であり、図3に対応する図(写真)である。

【図6】図6は冷電子放出原理を説明するために用いた図である。

【図7】図7は、冷陰極を製造するための成膜装置の構成を示す図である。

【図8】図8は実施形態の冷陰極をLCD用バックライトの陰極に用いた場合を示す図である。

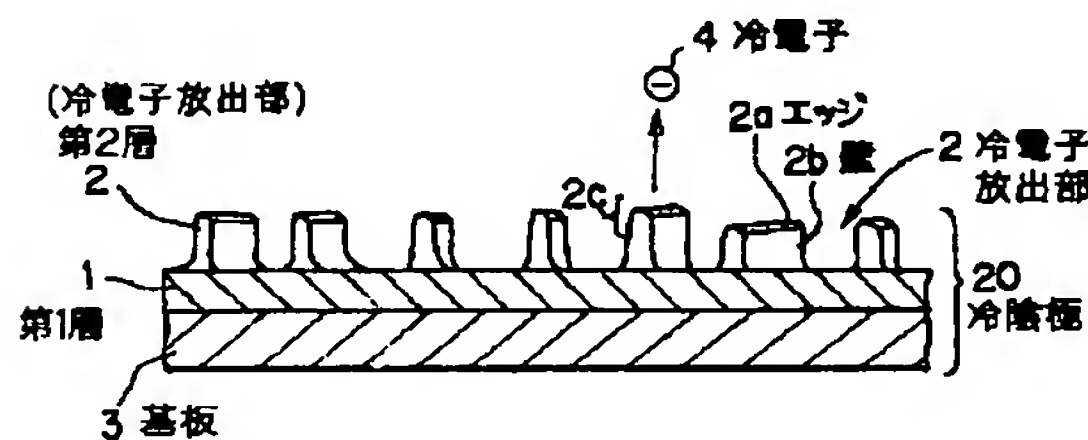
【図9】図9は実施形態の冷陰極を単純マトリクス駆動型の平面ディスプレイの陰極に用いた場合を示す図で\*

\*ある。

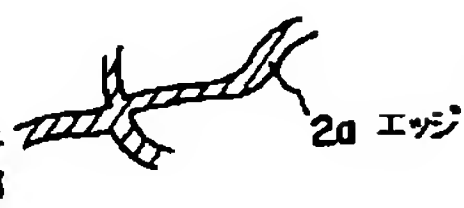
【符号の説明】

- 1…第1層  
2…第2層（冷電子放出部）  
3…基板

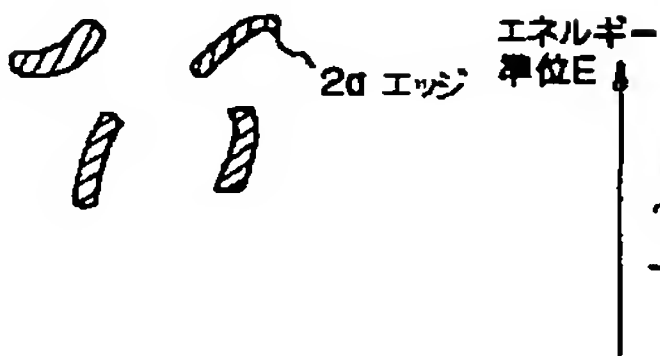
【図1】



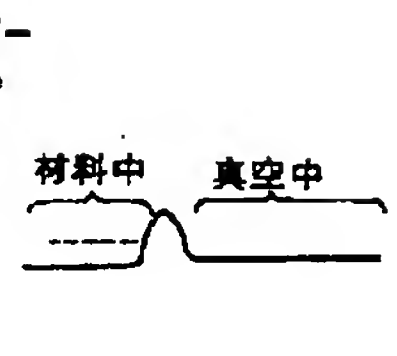
【図2】



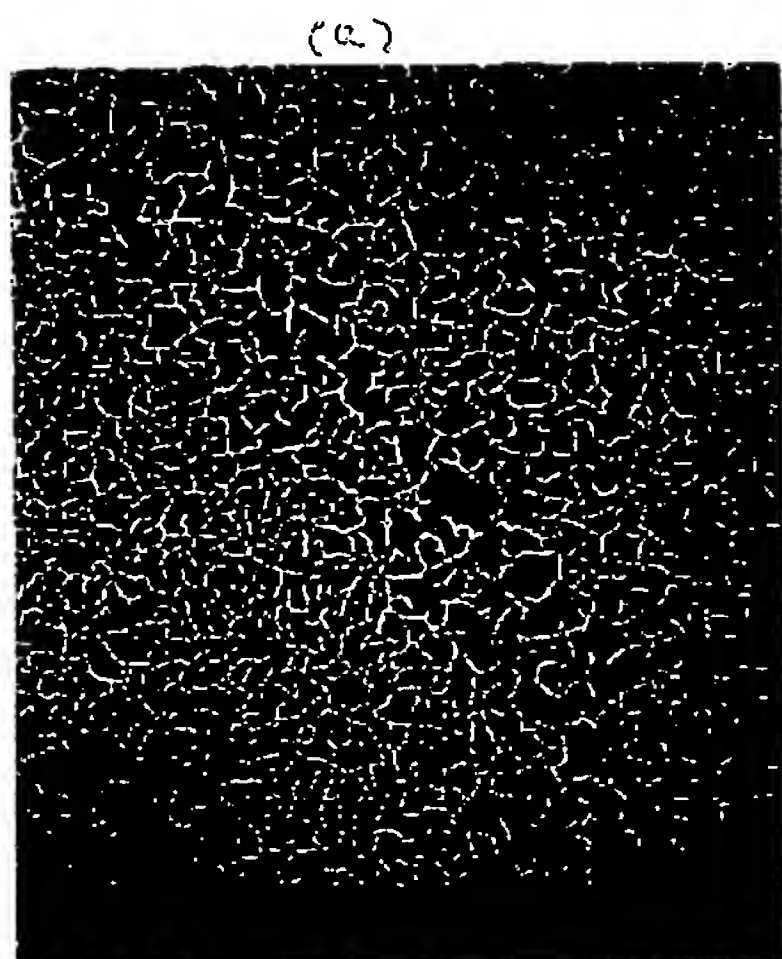
【図3】



【図6】

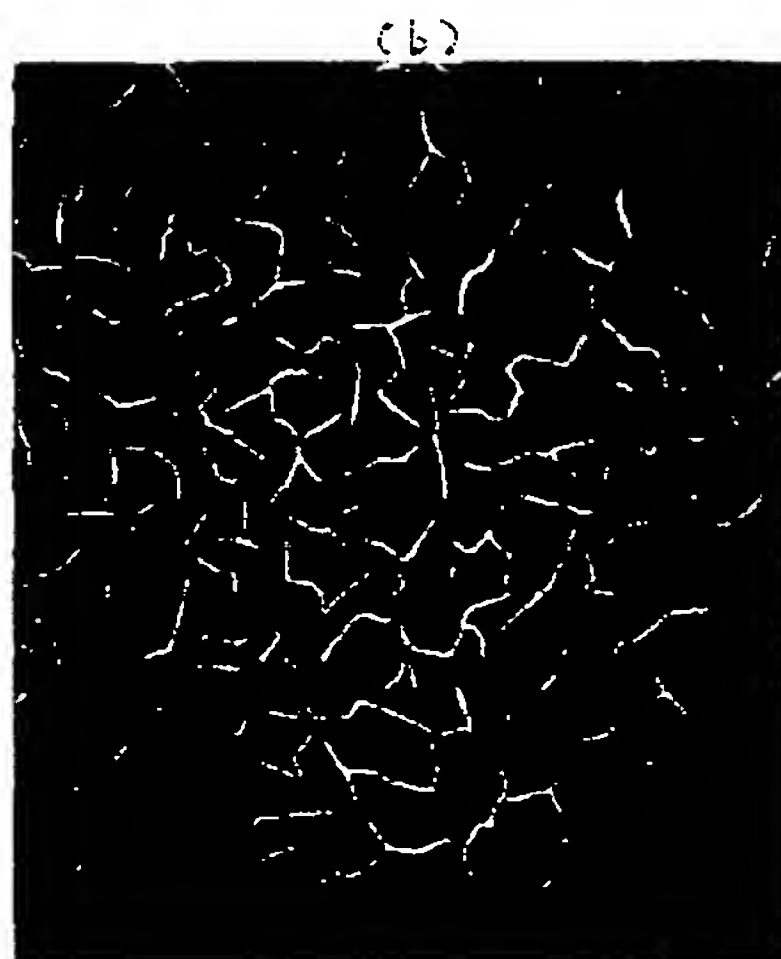


【図4】



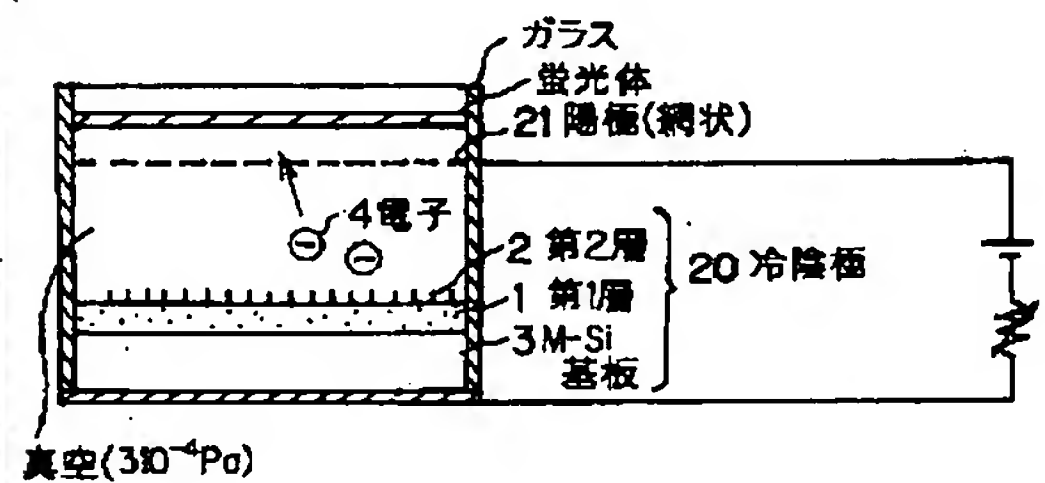
N+Si 基板表面

×10k

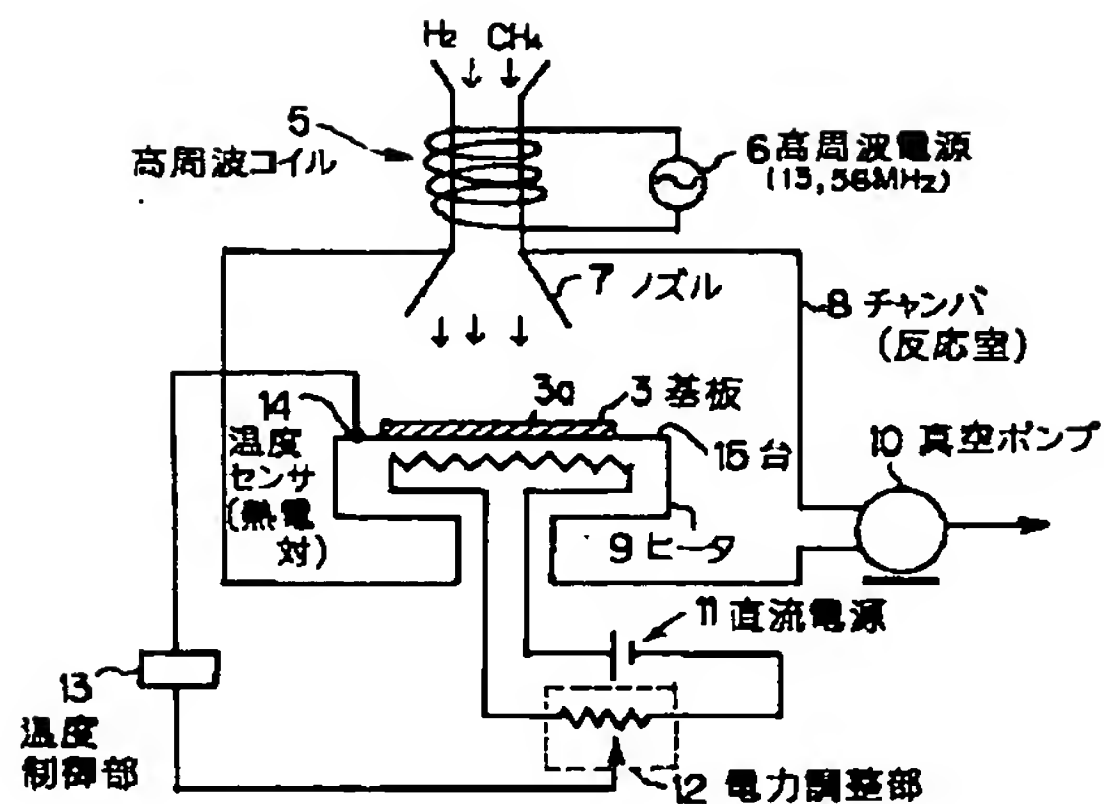


×30k

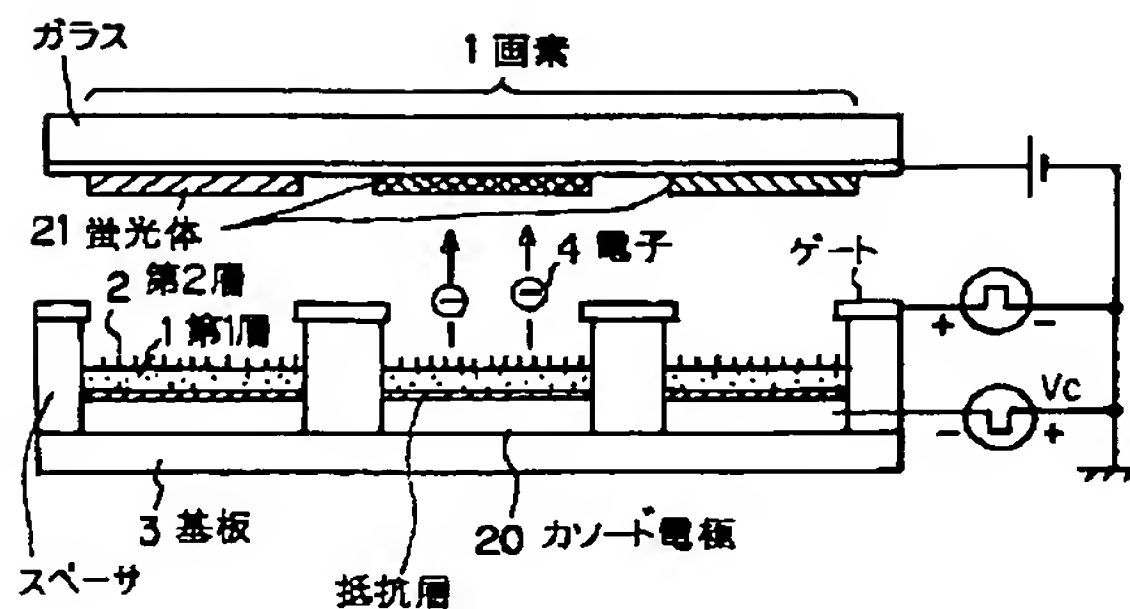
【図8】



【図7】



【図9】



【図5】

